# 过瘤保护胃甜菜碱和过瘤胃保护胆碱对1～3月龄湖羊生长性能、消化性能、屠宰性能和脂肪沉积的影响

姜贝贝　李华伟　王洪荣*

（扬州大学动物科学与技术学院，扬州 225009）

摘　要：本试验旨在研究过瘤胃保护甜菜碱（RPB）和过瘤保护胃胆碱（RPC）对1～3月龄湖羊生长性能、消化性能、屠宰性能和脂肪沉积的影响。试验选用30只体重相近的1月龄左右的湖羊公羔，随机分成3组，分别为对照组、RPB组和RPC组，每组10只。对照组饲喂基础饲料，RPB组和RPC组则饲喂在基础饲粮干物质（DM）基础上分别添加2.9 g/kg RPB和2.5 g/kg RPC的饲粮。预试期21 d，正试期54 d。结果表明：1）饲粮中添加RPB和RPC对1～3月龄湖羊的平均日增重、平均日采食量和料重比均无显著影响（$P$>0.05），但RPB组、RPC组的平均日增重较对照组分别增高了19.97%和27.75%。2）饲粮中添加RPB和RPC对1～3月龄湖羊的粗蛋白质（CP）、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）、DM和有机物（OM）的表观消化率均无显著影响（$P$>0.05）。3）饲粮中添加RPB和RPC均可以显著降低1～3月龄湖羊的背膘厚（$P$<0.05），对宰前活重、屠宰率、胴体重、GR值、眼肌面积、腹脂重、肾周脂肪重和IMF含量无显著影响（$P$>0.05），但RPB组和RPC组眼肌面积较对照组分别增加了10.86%和3.16%，IMF含量较对照组分别增加了17.27%和36.36%，肾周脂肪重较对照组分别降低了20.60%和22.67%。综合以上试验结果得出，饲粮中添加2.9 g/kg RPB或2.5 g/kg RPC均可以改善1~3月龄湖羊的脂肪沉积部位和胴体品质，并且从消化性能、生长性能和屠宰性能来看，在满足维持需要的饲粮营养水平下，2种添加剂的作用相当。

关键词：过瘤胃保护甜菜碱；过瘤胃保护胆碱；生长性能；消化性能；屠宰性能；脂肪沉积

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

近年来，受集约化养殖的影响，我国肉羊活动量减少，加之新鲜青绿饲料的缺乏，从而造成羔羊在育肥后期背膘、腹脂逐渐增厚，严重影响着我国肉羊的肉品质及应有的经济效益。另外，随着人们生活水平的提高，对羔羊肉的需求逐渐转移到鲜嫩可口、营养丰富的高档羔羊肉上来，因此，追切需要一种修饰育肥技术来改善羊肉品质。目前，国内外已有研究表明甜菜碱（三甲基甘氨酸）是动物机体的甲基供体[1]，能够提供甲基以促进肉碱合成，提高肥育猪肝脏游离肉碱的含量，从而促进长链脂肪酸进入肌肉线粒体进行β-氧化，发挥减少皮下脂肪而提高肌内脂肪含量的作用[2]。据报道，甜菜碱能降低肉鸡的腹脂率，提高胴体品质

收稿日期：2016-11-05

基金项目：国家公益性行业（农业）科研专项"南方地区肉羊育肥与高品质肉生产技术研究"(201303144)；江苏省苏北科技发展计划（BN2016075）

作者简介：姜贝贝（1991—），女，安徽萧县人，硕士研究生，从事反刍动物营养研究。E-mail：　805588684@qq.com

*通信作者：王洪荣，教授，博士生导师，E-mail：　hrwang@yzu.edu.cn

[3]。另外有报道，胆碱也可以参加动物体内的甲基代谢活动[4]，同时，动物体内的胆碱能在胆碱氧化酶的作用下，经过二次氧化作用，生成甜菜碱，以提高动物体内甜菜碱的含量。但是，关于甜菜碱和胆碱对动物体内脂肪重新分配的研究主要在水生动物和家禽方面[5]，在肉羊上的应用鲜有报道。因此，本试验通过在饲粮中添加过瘤胃保护甜菜碱（rumen protected betaine，RPB）和过瘤胃保护胆碱（rumen protected choline，RPC），研究其对 1~3 月龄湖羊生长性能、消化性能、屠宰性能和脂肪沉积的影响，旨在为肉羊修饰育肥提供理论和应用方面的参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与饲粮

试验选取 30 只 1 月龄湖羊公羔，平均体重为（10.08±1.16） kg。采用单因子随机分组试验设计，将试验羊随机分成 3 组，分别为对照组、RPB 组和 RPC 组，每组 10 只。对照组饲喂基础饲粮，RPB 组饲喂在基础饲粮干物质（DM）基础上添加 2.9 g/kg RPB 的饲粮（RPB 添加量参考崔慧慧等[6]，RPB 中甜菜碱有效含量≥55%，安全过瘤胃率≥60%，由宜兴天石饲料有限公司提供），RPC 组饲喂在基础饲粮 DM 基础上添加 2.5 g/kg RPC 的饲粮（RPC 添加量参考李华伟等[7]，RPC 中胆碱有效含量≥50%，安全过瘤胃率≥85%，由意大利亚士可公司提供）。基础饲粮参照 NRC（2007）中体重（10.0±1.1） kg、日增重 100 g/d 的绵羊营养需要量配制，其组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis) %

| 原料 Ingredients | 含量 Content | 营养水平 Nutrient levels[2)] | 含量 Content |
|---|---|---|---|
| 花生秧 Peanut vine | 31.50 | 代谢能 ME/(MJ/kg) | 9.27 |
| 豆秸 Soybean stalk | 13.00 | 粗蛋白质 CP | 13.63 |
| 稻秸 Rice straw | 13.00 | 中性洗涤纤维 NDF | 46.91 |
| 玉米 Corn | 27.40 | 酸性洗涤纤维 ADF | 33.86 |
| 豆粕 Soybean meal | 13.00 | 钙 Ca | 0.87 |
| 麸皮 Wheat bran | 0.60 | 磷 P | 0.26 |
| 预混料 Premix[1)] | 1.00 | | |
| 食盐 NaCl | 0.50 | | |
| 合计 Total | 100.00 | | |

[1)]每千克预混料含有 One kg of premix contained the following:VA 125 000 IU，$VD_3$ 55 000 IU，VE 200 mg，烟酸 niacin 350 mg，Zn 2.0 g，Cu 0.25 g，Mn 2.0 g，Se 5.5 mg，Ca 150 g，P 15 g，NaCl 75 g。

[2)] 代谢能、钙、磷为计算值，参照《动物营养参数与饲养标准》[8]（第 2 版）计算，其他营养水平为实测值。ME, Ca, P were calculated values, which calculated in reference to *Nutrition Parameters and Feeding Standard for Animals*[8] (2nd ed), while the other nutrient levels were measured values.

### 1.2 饲养管理

试验在江苏省太仓市东林生态养殖种羊场进行。试验羊按羊场正常程序免疫，并做好常规清洁和消毒工作。试验期间每日 08:00 和 16:00 精料与粗饲料混合后自由采食，添加剂混于精料中，自由饮水，单栏圈养，每天记录剩料量和采食量。预试期 21 d，正试期 54 d。

### 1.3 指标测定与方法

#### 1.3.1 养分表观消化率测定

于试验第 42 天每组随机选取 5 只试验羊进行消化代谢试验，并采集饲粮与剩料样，消化代谢试验采用全收粪法，适应 3 d 后连续收粪 5 d，每 12 h 收集 1 次粪便并称重，并按照粪重的 10%加入 10%稀硫酸固氮，5 d 的样品混合后于-20 ℃冻存。测定试验收集的饲粮、剩料及粪样的粗蛋白质（CP）、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）、DM、有机物（OM）的含量，测定方法参照杨胜[9]主编的《饲料分析及饲料质量检测技术》。养分表观消化率的计算方式如下：

养分表观消化率(%)=[(摄入养分量-排出养分量)/摄入养分量]×100。

#### 1.3.2 生长性能测定

试验第 1 天和第 65 天空腹称重，分别作为初始体重和终末体重，计算平均日增重（average daily gain，ADG）；每天记录饲喂量和剩料量，计算平均日采食量（average daily feed intake，ADFI）和料重比（feed/gain，F/G）。

#### 1.3.3 屠宰性能测定

试验第 65 天，各组随机选取 3 只试验羊，禁食（自由接触清洁水源）24 h 后进行屠宰。所测定屠宰指标包括：宰前活重、胴体重、屠宰率、眼肌面积、GR 值（第 12~13 肋骨处，距离背脊中线 11 cm 的组织厚度）、背膘厚、腹脂重、肾周脂肪重。采样方法参考赵天章[10]的方法，并取背最长肌，冷冻干燥 48 h，研磨成粉待测肌内脂肪（intramuscular fat，IMF）含量，IMF 含量参考文献[11]中的索氏抽提法测定，所得数据为 IMF 湿含量。

### 1.4 数据分析与统计

试验数据经 Excel 2013 初步整理后，采用 SPSS 19.0 软件中的 ANOVA 过程进行单因素方差分析，结果以平均值和标准误表示，以 $P<0.05$ 作为差异显著的判断标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 RPB 和 RPC 对 1～3 月龄湖羊生长性能及养分表观消化率的影响

由表 2 可知，在初始体重无显著差异（$P>0.05$）的情况下，可以看出各组间终末体重差异也不显著（$P>0.05$）；RPB 组、RPC 组的平均日增重较对照组分别增高了 19.97%和 27.75%，但各组间无显著差异（$P>0.05$）。RPB 和 RPC 对 1～3 月龄湖羊的平均日采食量和料重比未产生显著影响（$P>0.05$）。

表 2 RPB 和 RPC 对 1~3 月龄湖羊生长性能的影响

Table 2 Effects of RPB and RPC on growth performance of 1- to 3-month-old *Hu* lambs

| 项目 Items | 组别 Groups | | | SEM | *P* 值 *P*-value |
|---|---|---|---|---|---|
| | 对照 Control | 过瘤保护胃甜菜碱 RPB | 过瘤胃保护胆碱 RPC | | |
| 初始体重 IBW/kg | 10.78 | 10.85 | 9.90 | 0.688 | 0.366 |
| 终末体重 FBW/kg | 16.20 | 17.35 | 16.82 | 1.360 | 0.699 |
| 平均日增重 ADG/(g/d) | 104.17 | 124.97 | 133.08 | 17.200 | 0.231 |
| 平均日采食量 ADFI/(g/d) | 593.75 | 586.36 | 596.70 | 8.378 | 0.469 |
| 料重比 F/G | 5.24 | 4.71 | 4.73 | 0.549 | 0.565 |

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（*P*＞0.05），不同字母表示差异显著（*P*＜0.05）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (*P*＞0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (*P*＜0.05）. The same as below.

由表 3 可知，饲粮中 RPC 和 RPB 对 1～3 月龄湖羊的 CP、NDF、ADF、DM 和 OM 的表观消化率均未产生显著影响（*P*>0.05）。

表 3 RPB 和 RCB 对 1~3 月龄湖羊养分表观消化率的影响

Table 3 Effects of RPB and RPC on nutrient apparent digestibility of 1- to 3-month-old *Hu* lambs %

| 项目 | 组别 Groups | | | SEM | *P* 值 *P*-value |
|---|---|---|---|---|---|
| | 对照 Control | 过瘤保护胃甜菜碱 RPB | 过瘤胃保护胆碱 RPC | | |
| 粗蛋白质 CP | 63.48 | 69.69 | 66.74 | 3.133 | 0.221 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 49.77 | 54.14 | 50.50 | 3.374 | 0.433 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 49.75 | 53.04 | 48.16 | 3.275 | 0.376 |
| 干物质 DM | 66.54 | 69.82 | 68.93 | 1.861 | 0.267 |
| 有机物 OM | 78.41 | 72.48 | 77.79 | 2.483 | 0.101 |

## 2.2 RPB 和 RPC 对 1～3 月龄湖羊屠宰性能和脂肪沉积的影响

由表 4 可知，各组试验羊的宰前活重和屠宰率差异均不显著（*P*>0.05）；RPB 和 RPC 分别有增加和降低胴体重的趋势，但与对照组的差异未达显著水平（*P*>0.05）；RPB 组和 RPC 组的背膘厚显著低于对照组（*P*<0.05）；试验羊的 GR 值、眼肌面积、腹脂重、肾周脂肪重和 IMF 含量各组之间差异不显著（*P*>0.05），但 RPB 组和 RPC 组眼肌面积较对照组分别增加了 10.86%和 3.16%，IMF 含量较对照组分别增加了 17.27%和 36.36%，肾周脂肪重较对照组分别降低了 20.60%和 22.67%。

表 4 RPB 和 RPC 对 1~3 月龄湖羊屠宰性能和脂肪沉积的影响

Table 4 Effects of RPB and RPC on slaughter performance and fat deposition of 1- to 3-month-old *Hu* lambs

| 项目 Items | 组别 Groups | | | SEM | *P* 值 *P*-value |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 对照 Control | 过瘤保护胃甜菜碱 RPB | 过瘤胃保护胆碱 RPC | | |
| 宰前活重 LWBS/kg | 17.87 | 18.68 | 18.05 | 1.805 | 0.896 |
| 胴体重 Carcass weight/kg | 7.57 | 7.86 | 6.60 | 0.415 | 0.052 |
| 屠宰率 Dressing percentage/% | 42.30 | 42.13 | 37.26 | 2.625 | 0.173 |
| GR 值 GR value/cm | 0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.013 | 0.286 |
| 眼肌面积 Loin eye area/$cm^2$ | 7.92 | 8.78 | 8.17 | 0.709 | 0.499 |
| 背膘厚 Backfat thickness/cm | $0.68^a$ | $0.36^b$ | $0.37^b$ | 0.044 | 0.001 |
| 腹脂重 Abdominal fat weight/g | 25.00 | 28.33 | 29.67 | 4.659 | 0.613 |
| 肾周脂肪重 Perirenal fat weight/g | 32.33 | 25.67 | 25.00 | 10.389 | 0.748 |
| 肌内脂肪含量 IMF content/% | 2.20 | 2.58 | 3.00 | 0.978 | 0.759 |

## 3 讨 论

### 3.1 RPB 和 RPC 对 1~3 月龄湖羊生长性能和消化性能的影响

饲粮中添加 RPC 可以起到代替部分蛋氨酸，从而促进动物生长的作用[12-13]。从本研究结果可以看出，RPC 能提高 1~3 月龄湖羊的平均日增重，但效果并不显著。甜菜碱的甲基转移效价比胆碱高 12~15 倍，作为甲基供体，甜菜碱可以节约胆碱，也具有促进动物生长的效果。从本研究结果可以看出，RPB、RPC 都能增加 1~3 月龄湖的平均日增重，提高饲料利用率，但效果不显著。这与崔慧慧等[6]和李华伟等[7]的研究结果类似，但可能由于不同生长阶段试验羊对胆碱、甜菜碱的需要量不同或者试验饲粮营养水平不同导致本试验中 RPB、RPC 的促生长效果不显著[14]。关于胆碱、甜菜碱对养分消化率的影响，报道结果[15-16]不尽一致。动物采食 RPB、RPC 后，理论上至少有 60%的氯化胆碱和 85%的甜菜碱受到保护而不被瘤胃微生物降解，因此，RPB 和 RPC 对试验羊的养分表观消化率可能不会造成影响。本试验结果显示，RPB、RPC 对 1~3 月龄湖羊的 CP、NDF、ADF、DM 和 OM 的表观消化率均无显著影响；田兴舟等[17]研究发现，补饲 RPC 对黔北麻羊羔羊的 DM、CP、粗脂肪（EE）、NDF 的表观消化率无显著影响；刘凯[18]研究发现，在饲粮中添加甜菜碱对育肥湖羊各养分表观消化率均无显著影响。这些结果进一步证明了我们的推论。

### 3.2 RPB 和 RPC 对 1~3 月龄湖羊屠宰性能和脂肪沉积的影响

#### 3.2.1 RPB 和 RPC 对 1~3 月龄湖羊屠宰性能的影响

研究表明，饲粮添加甜菜碱对动物屠宰性能有提高作用[18]。本试验中，饲粮添加 RPB、RPC 后，羔羊宰前活重、胴体重、屠宰率、GR 值和眼肌面积与对照组相比并没有显著差异，这与李华伟等[7]和颜新春[19]的结果一致。屠宰率无显著变化可能是因为各组试验羊的基础饲粮完全一样，且采食量没有显著差异，而采食量直接影响屠宰率。本试验中，饲粮添加 RPB、RPC 后，GR 值和眼肌面积的变化虽未达到显著水平，但与对照组相比均有所上升，这可能是因为胆碱可避免蛋氨酸作为甲基供体转移，从而节约蛋氨酸用于蛋白质合成[20-21]，但本试验所用基础饲粮中蛋白质水平属于中等水平，因此添加效果不显著。另外，赵彦光等[22]报道，胴体重越高，眼肌面积愈大，本试验中 RPB 组胴体重高于对照组，与此结果一致，但 RPC 组胴体重低于对照组，与此结果有一定差异。这可能是因为本试验中胆碱的供甲基效果低于甜菜碱所致。

3.2.2 RPB 和 RPC 对 1~3 月龄湖羊肌肉脂肪沉积的影响

研究表明，动物体脂的沉积量是脂肪合成代谢和分解代谢的一种平衡状态[23]。据报道，甜菜碱可提高脂肪分解酶的活性[24]，以达到脂肪重新分配的效果；另外，也有报道证明，甜菜碱通过参与脂肪的合成、分解和转运 3 个过程中的关键步骤来实现对脂肪代谢的调控[25]。而胆碱进入机体后，其中一部分合成磷脂酰胆碱促进肝脏乳糜颗粒合成，抑制肝脏脂肪蓄积，从而达到脂肪重新分配的效果[26]，还有一部分胆碱在脂肪代谢过程中可促进脂肪酸以卵磷脂的形式被运输，加速脂肪代谢，减少机体中脂肪的沉积，另有一小部分胆碱经 2 步反应转化为甜菜碱参与机体脂肪代谢。本试验结果表明，与对照组相比，饲粮中添加 RPB 能显著降低 1~3 月龄湖羊的背膘厚，并降低 20.60%的肾周脂肪重，提高 17.27%的 IMF 含量，这与 Martins 等[27]报道的饲粮中添加 0.1%甜菜碱可使猪背最长肌 IMF 含量增加及 Yu 等[28]和胡旭进等[29]报道的猪饲粮中添加甜菜碱能降低其背膘厚的结果类似。与对照组相比，饲粮中添加 RPC 能显著降低 1~3 月龄湖羊的背膘厚，并降低 22.67%的肾周脂肪重，提高 36.36%的 IMF 含量，这与边连全等[30]报道的饲粮中添加 500 mg/kg 胆碱有降低猪背膘厚的趋势的结果类似，而 Dikeman 等[31]曾指出 IMF 是分布于肌肉内并存在于肌纤维束周围的结缔组织中的脂肪组织，它是影响肉质的决定因素之一，其与多种肉质性状（风味、嫩度和多汁性）有很强的相关性[32]，适量的 IMF 含量能改善肉品质。本研究中，RPB 和 RPC 这 2 种添加剂降低了 1~3 月龄湖羊的背膘厚和肾周脂肪重，增加了 IMF 含量，这在一定程度上改善了羔羊胴体的脂肪沉积部位和胴体品质，起到修饰育肥的效果，但 RPC 和 RPB 对羔羊 IMF 形成的机理还需进一步研究。

## 4 结 论

综合以上试验结果得出，饲粮中添加 2.9 g/kg RPB 或 2.5 g/kg RPC 均可以改善 1~3 月龄湖羊的脂肪沉积部位和胴体品质，起到修饰育肥作用，并且从消化性能、生长性能和屠宰性能来看，在满足维持需要的饲粮营养水平下，2 种添加剂的作用相当。

参考文献：

[1] MCKITTRICK D S.The interrelations of choline and methionine in growth and the action of betaine in replacing them[J].Archives of Biochemistry,1947,15(1):133–155.

[2] 汪以真,许梓荣.甜菜碱对生长肥育猪体脂重分配的作用及机理研究[J].畜牧兽医学报,2001,32(2):122–128.

[3] MAHMOUDNIA N,MADANI Y.Effect of betaine on performance and carcass composition of broiler chicken in warm weather-a review[J].International Journal of AgriScience,2012,2(8):675–683.

[4] 王文君,张维军.蛋氨酸、胆碱和甜菜碱的关系[J].中国饲料,1999(4):8–10.

[5] 邢立东,周明.胆碱在动物中应用效果的研究进展[J].饲料与畜牧,2014(7):39–43.

[6] 崔慧慧,王洪荣,李华伟,等.过瘤胃甜菜碱对肉羊生长性能和消化代谢的调控[J].动物营养学报,2016,28(1):151–156.

[7] 李华伟,王洪荣,王梦芝,等.过瘤胃保护胆碱对肉羊生长、消化、血清指标及肉品质的影响[J].动物营养学报,2015,27(4):1117–1123.

[8] 张宏福.动物营养参数与饲养标准[M].2 版.北京:中国农业出版社,2010:5–6

[9] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:北京农业大学出版社,1993.

[10] 赵天章.日粮油脂类型对羊肉脂肪酸和肌内脂肪含量的影响及其机理[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2014.

[11] 姜爱文,晁哲,翁茜楠,等.两种猪肌内脂肪含量测定方法的比较及其与胴体和肉质性状的相关性分析[J].南京农业大学学报,2017(1):130–137.

[12] PACHECO L A,JAEGER J R,HIBBARD L R,et al.Effects of prepartum rumen-protected choline supplementation on performance of beef cows and calves[C]//Proceedings Volume 61 Western Section.Denver:American Society of Animal Science,2010:259–261.

[13] 陈东东,王春维.过瘤胃氯化胆碱对山羊生长性能和血液生化指标的影响[J].饲料工业,2008,29(21):31–33.

[14] 隋世燕,苏晶晶,杨琴.甜菜碱在猪生产中的应用[J].黑龙江畜牧兽医,2016(7):188–190.

[15] RATRIYANTO A,MOSENTHIN R,JEZIERNY D,et al.Effect of graded levels of dietary betaine on ileal and total tract nutrient digestibilities and intestinal bacterial metabolites in piglets[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2010,94(6):788–796.

[16] WANG C,LIU Q,YANG W Z,et al.Effects of betaine supplementation on rumen fermentation,lactation performance,feed digestibilities and plasma characteristics in dairy cows[J].The Journal of Agricultural Science,2010,148(4):487–495.

[17] 田兴舟,韦济友,李明忠,等.过瘤胃胆碱对黔北麻羊羔羊生长性能及血浆生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(9):2857–2865.

[18] 刘凯.甜菜碱和过瘤胃脂肪对育肥羊生产性能和肌肉脂肪酸组成的影响[D].硕士学位论

文.兰州:兰州大学,2016.
[19] 颜新春.甜菜碱对肥育猪下丘脑生长激素释放因子的影响及机理研究[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2001.
[20] 凌洁玉.蛋氨酸、胆碱及甜菜碱在禽类营养中的关系[J].北京农业,2011(12):97–98.
[21] 姚宝强,杨在宾.蛋氨酸、胆碱、甜菜碱等营养素的作用机理及其相互关系[J].中国饲料添加剂,2007(10):1–5.
[22] 赵彦光,洪琼花,谢萍,等.精料营养对云南半细毛羊屠宰性能及肉品质的影响[J].草业学报,2014,23(2):277–286.
[23] 邹志琴,杨在清.动物脂肪代谢激素调控分子机理的研究进展[J].黄牛杂志,1998,24(6):41–44.
[24] 崔波,耿忠诚,潘兴玲,等.甜菜碱与蛋氨酸螯合铬对三江白猪血清生化指标及皮下脂肪组织脂肪酸合成酶基因 mRNA 表达的影响[J].中国生物制品学杂志,2011,24(5):554–557.
[25] 李伟,王恬.甜菜碱对脂肪代谢的调控机制研究进展[J].饲料研究,2011(4):17–19.
[26] 张婧,孙进华,宋文涛,等.甜菜碱生物学功能及其在改善猪肉质中的应用[J].东北农业大学学报,2016,47(1):93–101.
[27] MARTINS J M,NEVES J A,FREITAS A,et al.Effect of long-term betaine supplementation on chemical and physical characteristics of three muscles from the Alentejano pig[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2012,92(10):2122–2127.
[28] YU D Y,XU Z R,LI W F.Effects of betaine on growth performance and carcass characteristics in growing pigs[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2004,17(12):1700–1704.
[29] 胡旭进,屠平光,陶志伦,等.甜菜碱对金华猪生长性能及胴体肉品质的影响[J].养猪,2016(3):16–17.
[30] 边连全,安磊旭,张东梅,等.甜菜碱和胆碱对育肥猪胴体品质及肉品质的影响[J].饲料工业,2009,30(4):6–8.
[31] DIKEMAN M E.Fat reduction in animals and the effects on palatability and consumer acceptance of meat products[C]//Proceedings of the 41th Annual Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association.Chicago,IL:National Livestock and Meat Board,1987.
[32] HOVENIER R,KANIS E,VAN ASSELDONK T,et al.Genetic parameters of pig meat quality traits in a halothane negative population[J].Livestock Production Science,1992,32(4):309–321.

Effects of Rumen-Protected Betaine and Rumen-Protected Choline on Growth Performance, Digestion Performance, Slaughter Performance and Fat Deposition of 1- to 3-Month-Old *Hu*

Lambs

JIANG Beibei    LI Huawei    WANG Hongrong*

(*College of Animal Science and Technology*, *Yangzhou University*, *Yangzhou* 225009, *China*)

Abstract: The aim of this research was to study the effects of rumen-protected betaine （RPB） and rumen-protected choline (RPC) on growth performance, digestion performance, slaughter performance and fat deposition of 1- to 3-month-old *Hu* lambs. Thirty about 1-month-old *Hu* male lambs with the similar body weight were randomly divided into 3 groups with 10 lambs per group, which included control, RPB and RPC groups. Lambs in control group were fed with a basal diet, while those in RPB and RPC groups were fed the diets added with 2.9 g/kg RPB and 2.5 g/kg RPC on the basis of dry matter (DM) in the basal diet, respectively. The test had a 21-day for pre-experiment and a 45-day for experiment. The results showed as follows: 1) diet added with RPB and RPC had no significant effects on average daily gain, average daily feed intake and feed/gain of 1- to 3-month-old *Hu* lambs ($P$>0.05), but the average daily gain in RPB and RPC groups was increased by 19.97% and 27.75%, respectively, compared with the control group. 2) Diet added with RPB and RPC had no significant effect on the digestibility of crude protein（CP）, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), DM and organic matter (OM) of 1- to 3-month-old *Hu* lambs ($P$>0.05). 3) Diet added with RPB and RPC were significantly decreased backfat thickness ($P$<0.05), but had no significant effects on live weight before slaughter, dressing percentage, carcass weight, GR value, loin eye area, abdominal fat weight, perirenal fat weight and intramuscular fat （IMF） content of 1- to 3-month-old *Hu* lambs ($P$>0.05). However, compared with the control group, the loin eye area in RPB and RPC groups was increased by 10.86% and 3.16%, the IMF content was increased by 17.27% and 36.36%, and the perirenal fat weight was decreased by 20.60% and 22.67%, respectively. Comprehensive the above results, it is concluded that the fat deposition sites and carcass quality of 1- to 3-month-old *Hu* lambs can be improved after adding 2.9 g/kg RPB or 2.5 g/kg RPC in diets, and from the perspective of digestion performance, growth performance and slaughter performance, the effect of RPB and RPC is equivalent with the diet nutrient levels in maintaining the necessary conditions.

Key words: rumen protected betaine; rumen protected choline; growth performance; digestion performance; slaughter performance; fat deposition

---

*Corresponding author, professor, E-mail： hrwang@yzu.edu.cn (责任编辑　菅景颖)